

5. Отже, результати досліджень виявили ефективність використання спеціальної комплексної обробки щодо збереження зовнішнього вигляду, зокрема, пофарбування пальтових вовняних тканин після штучного опромінювання.

6. Проблема стійкості пофарбування текстильних матеріалів для верхнього одягу є досить актуальною і потребує подальшого дослідження тому, що практично всі текстильні матеріали під час експлуатації підлягають дії світла, атмосферних опадів, а це значною мірою визначає життєздатність текстильного матеріалу.

Список використаних джерел

1. Ефимова Г. В. Влияние светопогоды на шерстяные ткани / Г. В. Ефимова, И. С. Галык, Б. Д. Семак // Текстильная промышленность. – 1991. – № 2. – С. 23-25.

2. Колонтаров И. Я. Устойчивость окрасок текстильных материалов к физико-химическим воздействиям / И. Я. Колонтаров. – М.: Легпромбытиздат, 1985. – 200 с.

3. Материалы текстильные. Метод испытания устойчивости окраски к свету в условиях искусственного освещения (ксеноновая лампа): ГОСТ 9733.3-83. – Введ. 1986-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 4 с.

УДК 621.9.01

В.В. Цыганов, канд. техн. наук

Запорожский национальный технический университет, г.Запорожье, Украина

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРАНУЛЬНОГО АБРАЗИВНОГО МАТЕРИАЛА ТРИБОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Рассмотрена возможность повышения эффективности обработки гранульным абразивным материалом путем создания условий по увеличению содержания свободных макрорадикалов в трибосопряжении «абразивная гранула – обрабатываемый металл» и их воздействию на поверхностный слой заготовки. Отмечена перспективность добавки различных веществ при радикальной суспензионной полимеризации связующего гранул на основе метилметакрилата для возможности регулирования степени полимеризации, размера получаемых молекул полимера и количества свободных макрорадикалов в зоне резания.

Ключевые слова: гранульный материал, поверхностный слой, шлифование, макрорадикалы.

Розглянута можливість підвищення ефективності обробки гранульним абразивним матеріалом шляхом створення умов по збільшенню змісту вільних макрорадикалів в трибосопряженні «абразивна гранула – оброблюваний метал» і їх дії на поверхневий шар заготовки. Відмічена перспективність добавки різних речовин під час радикальної суспензійної полімеризації зв'язувальної речовини гранул на основі метилметакрилату для можливості регулювання ступеня полімеризації, розміру отриманих молекул полімеру і кількості вільних макрорадикалів у зоні різання.

Ключові слова: гранульний матеріал, поверхневий шар, шлифування, макрорадикали.

Possibility of increase of efficiency of treatment granule abrasive material is considered by conditioning on the increase of maintenance of free macroradicals in tribojoints a «abrasive granule is the processed metal» and to their affecting superficial layer of purveyance. Perspective of addition of different matters is marked during radical suspensoids polymerization connective granules on the basis of Polymethylenoxide for possibility of adjusting of degree of polymerization, size of the got molecules of polymer and amount of free macroradicals in the zone of cutting.

Key words: granule material, superficial layer, polishing, macroradicals.

Постановка задачи. В настоящее время перспективным направлением расширения технологических возможностей абразивной обработки является применение инструментов различных видов и характеристик из гранульного абразивного материала. Разновидности гранульного материала определяются технологией изготовления и химико-физическими свойствами составляющих материалов. При этом в качестве связки гранульного материала могут выступать как термореактивные, так и термопластичные полимеры. Учитывая, что в процессе обработки происходит трение полимерной связки гранул и обрабатываемого металла, явления, происходящие при их контактном взаимодействии, оказывают неизбежное влияние на характер разрушения обрабатываемой поверхности. Возникает необходимость оценки связи физико-химических свойств гранул и производительности резания, качества обработанной поверхности.

Как показали предварительно проведенные исследования, обработка лентами из гранульного абразивного материала на основе термопластичного связующего из полиметилметакрилата наиболее целесообразна при чистовом шлифовании и полировании всухую нержавеющей стали. На это указывает более стабильная производительность резания, низкая шероховатость в сравнении с серийными лентами и получение крупнофрагментных вторичных структур обработанного поверхностного слоя, необходимых для высокой зеркальной отражаемости. Особенно рекомендуется шлифование гранульным материалом в случае завершения обработки для получения деталей повышенной износостойкости [1].

Адсорбция полимеров на поверхности металла определяет особенности структуры граничного слоя, характер упаковки макромолекул в граничных слоях, а отсюда – молекулярную подвижность цепей и их релаксационные и другие свойства. В процессе обработки обеспечивается повышенное разрушение металлов в результате взаимодействия с обрабатываемой поверхностью свободных макрорадикалов, которые образуются в результате термомеханического разрушения полимера – его деструкции. Механически деструктурируемые полимеры активируют разрушение частиц металла так же, как и низкомолекулярные поверхностно-активные вещества [2].

Одним из основных направлений повышения эффективности шлифования гранульным абразивным материалом может выступать увеличение содержания свободных макрорадикалов в зоне контакта трибосопряжения «абразивная гранула – обрабатываемый металл». При этом существуют различные способы обеспечения увеличенного содержания свободных макрорадикалов.

Прежде всего, количество свободных макрорадикалов определяется свойствами полимера – его энергией активации деструкции, т. е. чем ниже энергия активации деструкции полимера, тем выше степень разрушения металла. Так, феноло-формальдегидная смола обладает трехмерной структурой, поэтому энергия активации деструкции у нее выше, чем, например, у полиэтилена – полимера линейной структуры и, тем более, у полиметилметакрилата (ПММА). Энергия активации полиэтилена 60-70 ккал/моль, ПММА – 27 ккал/моль.

Поэтому в качестве связки гранульного абразивного материала наиболее целесообразно применение ПММА. Он один из немногих распространенных полимеров, который полностью распадается до мономера. У других полимеров выход мономера варьируется от нуля до значительной доли в общем выходе летучих продуктов. Получение абразивных гранул со связующим ПММА возможно в результате синтеза в процессе радикальной полимеризации. Использование в качестве термопластичного связывающего вещества гранул полиакрилата позволяет не только обеспечить наличие свободных макрорадикалов на обработанной поверхности, но и изменять жесткость связывающего вещества в зависимости от степени полимеризации, обусловленной условиями полимеризации, что расширяет технологические возможности гранульного материала [3].

Методика исследований. Влияние свободных макрорадикалов на эффективность обработки гранульным абразивным материалом наиболее наглядно проявляется при сравнении показателей шлифования опытными и серийными лентами в среде сернохлорированной вододисперсионной СОЖ. Испытывали опытные шлифовальные ленты размером 65x1900 мм на тканевой водостойкой основе с использованием гранульного абразивного материала диаметром 400 мкм с покрытием абразивными зёрнами 14А8П, полученного методом радикальной суспензионной полимеризации метилметакрилата. Сравнительную оценку показателей шлифования опытными лентами и серийными лентами 14А8П производили при обработке плоских образцов нержавеющей стали 10Х14АГ15 с подачей в зону резания 5 % вододисперсионной СОЖ на основе серно-

хлорированного эмульсола «ШП» (содержание присадок хлора – 7,0 %, серы – 0,8 %) на переоборудованном под ленточное шлифование плоскошлифовальном станке 3Г71М. Прижатие ленты к поверхности заготовки при шлифовании осуществляли через контактный вал диаметром 163 мм с резиновым покрытием без нарезки толщиной 6 мм, твердостью 70 ед. по Шору. Производительность обработки определяли в пересчете на длину заготовки 1000 мм. Режимы шлифования: $V = 22,7$ м/с; $P_y = 7$ Н/см; $S = 10$ м/мин.

Для определения степени влияния гранульного абразивного материала на эффективность резания необходимо решение комплексной задачи с оценкой состояния обработанного поверхностного слоя. Известно, что существует корреляция между однородностью структурного состояния поверхностного слоя и его обрабатываемостью, шероховатостью обработанной поверхности. Предварительно проведенные исследования показывают, что низкая шероховатость нержавеющей стали может быть получена при ленточном шлифовании путем изменения условий обработки таким образом, чтобы возникали вторичные структуры обработанного поверхностного слоя с высокой однородностью прочностных свойств на возможно малых интервалах [4]. Изменяя величину и прочность получаемых фрагментов поверхностного слоя можно регулировать приработку деталей в условиях фрикционно-контактного взаимодействия.

В данной работе для оценки структурного состояния поверхностного слоя обработанных образцов применяли один из наиболее информативных методов - трибоспектральный (деформационно-спектральный). Метод основан на определении статистических связей между сопротивлением локальных микрообъемов материала контактному деформированию при сканировании поверхности алмазным индентором. При микромеханических испытаниях сила трения алмазного индентора модулируется с частотой расположения фрагментов определенной прочности, характеризуется амплитудно-частотными характеристиками вследствие изменения прочности на границе и внутри локальных областей. По изменению силы трения и нормальной нагрузки рассчитывается комплекс статистических деформационно-спектральных характеристик, отражающих состояние поверхностного слоя [5].

Образцы сканировали и обрабатывали по специально разработанным программам на трибометре типа ПИТ-ЦВМ производства НАУ. Нагрузка на индентор составляла 3,5 Н, скорость сканирования 26,5 мкм/с.

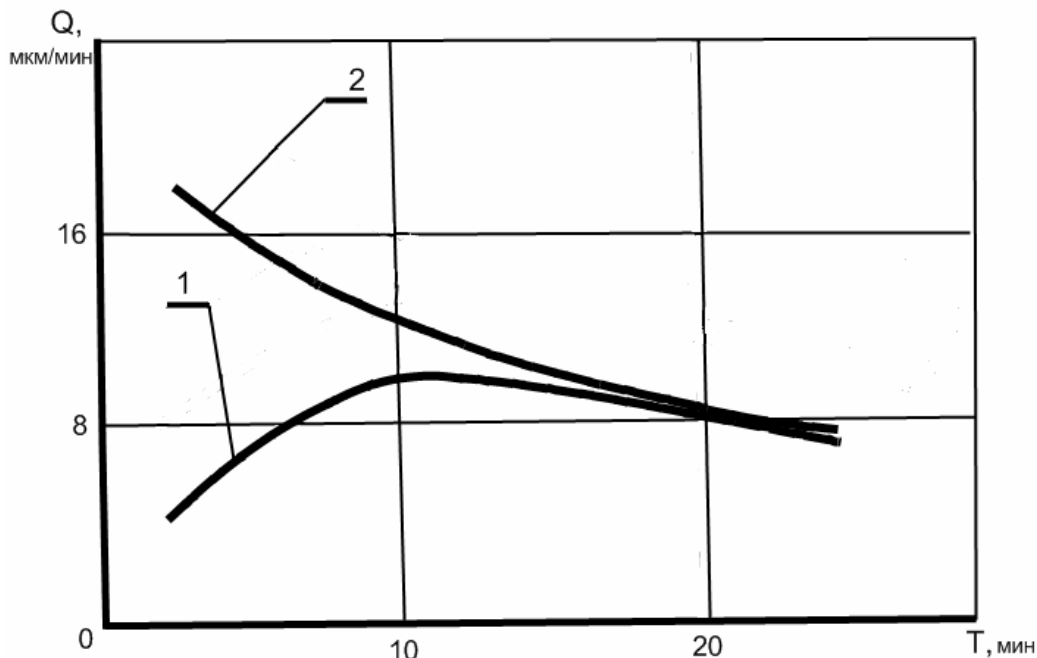
Результаты и их обсуждение. Как следует из приведенных на рисунке 1 зависимостей, шлифование серийными лентами характеризуется быстрым падением режущей способности за первые минуты эксплуатации. Отличительной особенностью обработки лентами с гранульным абразивным материалом является увеличение производительности резания в течение первых 10 минут шлифования (рис. 1, а). Происходит это, вероятно, в результате увеличения числа режущих зерен по мере износа сферической поверхности гранул. В последующем число режущих зерен стабилизируется и наблюдается постепенное падение режущей способности лент в течение машинного времени шлифования. При этом характер кривой изменения шероховатости поверхности обработанной опытными и обычными лентами подобен (рис. 1, б).

Однако отмечено увеличение шероховатости обработанной поверхности после шлифования опытными лентами в сравнении с обработкой серийными лентами в среднем на 30 % (рис.1, б). Так как величина шероховатости обработанной поверхности при определенных условиях может служить мерой оценки изменения режущей способности абразивного инструмента, более низкое значение полученной при этом производительности шлифования может быть результатом совместного воздействия свободных макрорадикалов и поверхностно-активных веществ СОЖ. При аналогичных условиях обработка без подачи СОЖ в зону резания характеризуется снижением и производительности шлифо-

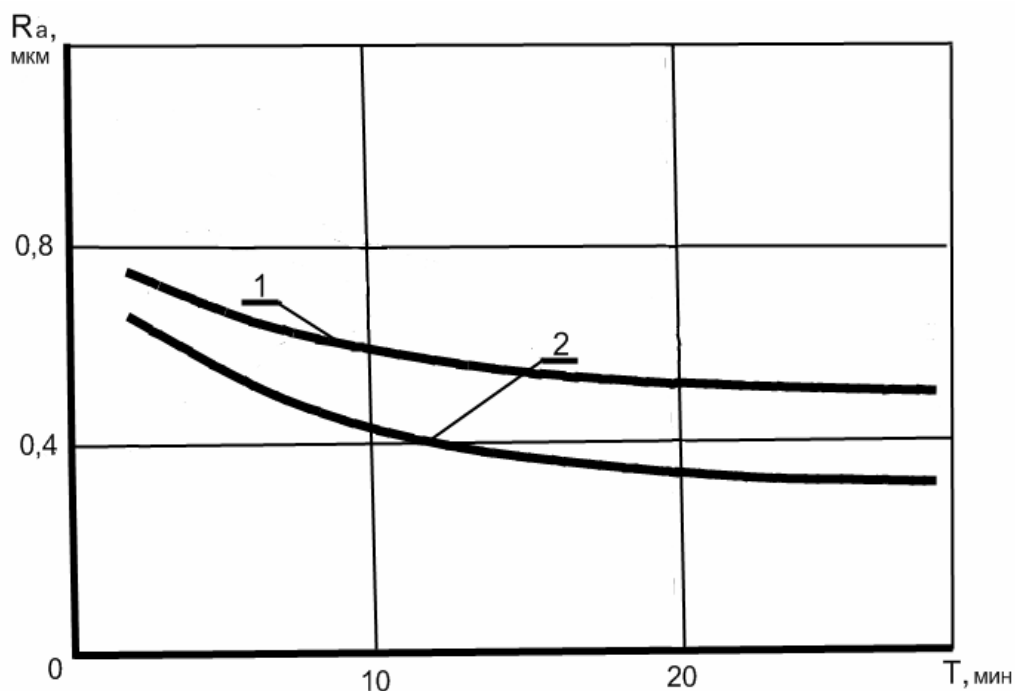
вания опытными лентами в сравнении с серийными лентами, и шероховатости обработанной поверхности [1].

Представленные на рисунке 2 графики спектральной плотности S тангенциальной составляющей силы контактного деформирования при сканировании образцов после обработки опытными и серийными лентами указывают на резкое отличие прочностных и деформационных свойств полученных поверхностных слоев и, соответственно, на существенное отличие в контактном взаимодействии шлифовальных лент и обрабатываемого металла. Так, обработка лентами с гранульным абразивным материалом после 10 минут (кривая 1) и 30 минут (кривая 3) обеспечивает равнопрочный поверхностный слой с низкой прочностью фрагментов (спектральная плотность не более $0,03 \times 10^{-3} \text{ Н}^2/\text{Гц}$). После шлифования лентами 14А8П в течение 10 минут (кривая 2) и 30 минут (кривая 4) получен неоднородный поверхностный слой с наличием фрагментов различной величины и прочности (спектральная плотность составляет от $0,05 \times 10^{-3} \text{ Н}^2/\text{Гц}$ до $0,48 \times 10^{-3} \text{ Н}^2/\text{Гц}$).

Таким образом, можно предположить, что получение после шлифования опытными лентами однородного равнопрочного поверхностного слоя образцов без наличия фрагментов высокой прочности является результатом воздействия в зоне контакта свободных макрорадикалов, образующихся в результате деструкции полимера гранул. Подобный поверхностный слой характеризуется хорошей обрабатываемостью. Учитывая, что при шлифовании всухую не наблюдается подобного эффекта, влияние свободных макрорадикалов на состояние обработанного поверхностного слоя существенно зависит от химического состава среды, в которой находится трибосопряжение «абразивная гранула – обрабатываемый металл». Для определения оптимальных условий шлифования, позволяющих проявить в наибольшей степени влияние макрорадикалов на эффективность резания, требуется проведение дополнительных исследований. При этом необходимо обеспечение в зоне контакта максимального количества свободных макрорадикалов.



a



б

Рис. 1. Изменение производительности шлифования (а) и шероховатости обработанной поверхности (б) в течение машинного времени обработки: 1– лента с гранульным абразивным материалом; 2– лента серийная

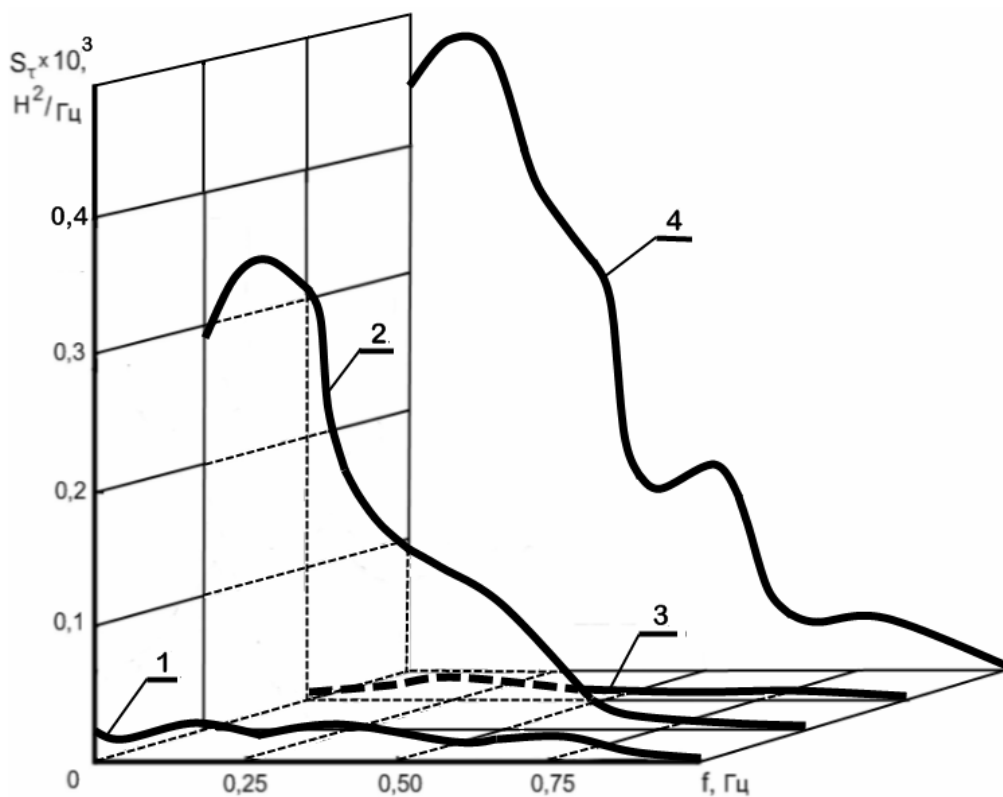


Рис. 2. Кривые изменения спектральной плотности сил контактного деформирования при сканировании образцов, обработанных опытными и серийными лентами с различным машинным временем шлифования: 1 – гранульная лента $T_{\text{маш}} = 10$ мин; 2 – серийная лента $T_{\text{маш}} = 10$ мин; 3 – гранульная лента $T_{\text{маш}} = 30$ мин; 4 – серийная лента $T_{\text{маш}} = 30$ мин

В связи со сложностью физико-механических явлений, протекающих при контактном взаимодействии гранульного абразивного материала и обрабатываемой поверхности, образование свободных макрорадикалов в результате деструкции полимера может проходить по различным механизмам. Изменяя условия резания при обработке гранульным абразивным материалом, возможно активизировать и инициировать эти механизмы.

Наибольшее значение приобретает механическая деструкция, протекающая при трении полимерной связки и металла. Механическая деструкция начинается, когда механические напряжения превышают энергии связей атомов в полимере. Механодеструкция, как разрыв макромолекулы в поле механических сил, сопровождается значительным изменением всего комплекса физико-химических свойств полимера – уменьшением молекулярной массы, появлением новых функциональных групп, изменением растворимости, возникновением системы пространственных связей и т. д.

При механической деструкции (особенно в случае приложения больших нагрузок) происходит изменение структуры и свойств полимеров, связанное с разрывом макромолекул. Такой разрыв в присутствии кислорода воздуха способствует возникновению свободных радикалов, которые инициируют цепной процесс окислительной деструкции. Это вызывает еще более глубокие изменения и разрушения полимеров.

Кроме того, при нагревании полимеров протекает термическая деструкция, которая в значительной степени зависит от их химического строения. Этот процесс идет по радикальному механизму и сопровождается разрывом связей, а также снижением молекулярной массы полимера. Термическая деструкция ускоряется в присутствии соединений, легко распадающихся на свободные радикалы. При повышенной температуре скорость деструкции возрастает.

Необходимо учитывать, что полимеризация характерна для соединений с кратными связями, число и характер которых в молекуле мономера могут быть различными. Деполимеризация характеризуется разрывами связей полимера с возникновением пары распадающихся радикалов. Соответственно количество макрорадикалов при деструкции полимера зависит от числа молекул, т.е. от их молекулярной массы.

Таким образом, для увеличения количества макрорадикалов в зоне контакта трибосопрежения «абразивная гранула – обрабатываемый металл» в результате деструкции полимера необходимо проведение полимеризации гранул с обеспечением максимального числа молекул, снижения их молекулярной массы.

Полимеризация всегда сопровождается понижением степени насыщенности реагирующих веществ, уменьшением общего числа молекул и увеличением их средней молекулярной массы. Подбором подходящих условий полимеризации можно изменять среднюю молекулярную массу и связанные с ней свойства полимеров. Так, при радикальной полимеризации повышение температуры реакции или содержания инициатора увеличивает число растущих радикалов. Так как скорость реакции цепи имеет первый порядок по концентрации растущих радикалов, а скорость реакции обрыва – второй порядок, то средняя молекулярная масса понижается при повышении скорости полимеризации. Снижение концентрации мономера также приводит к получению полимеров с небольшой молекулярной массой, но при этом скорость полимеризации тоже снижается.

Таким образом, снижение молекулярной массы полимера изменением условий полимеризации не всегда целесообразно вследствие возможности протекания побочных реакций при высоких температурах и высоких концентрациях инициаторов. Более перспективным направлением снижения молекулярной массы является добавление регуляторов – веществ, через которые легко осуществляется передача цепи. Уже при малых концентрациях эти вещества сильно снижают среднюю молекулярную массу. Скорость полимеризации при этом существенно не увеличивается.

Используя последние достижения исследований в области синтеза высокомолекулярных соединений, в качестве регуляторов могут быть рекомендованы различные материалы. В последние годы активно развивается новая концепция контролируемых процессов – псевдоживая радикальная полимеризация. Важнейшей особенностью её является чередование периодов роста, обрыва и реинициирования полимерных цепей за счет незначительных количеств активных добавок особого типа (стабильных радикалов и их источников, соединений металлов переменной валентности и др.), способных к обратимому взаимодействию с ведущими цепь активными радикалами. При этом открываются возможности проведения синтеза полимеров с регулируемой полидисперсностью, т. е. в целом моделирования макромолекулярного дизайна синтезируемых материалов.

Для регулирования роста полимерной цепи виниловых мономеров (к которым относится рекомендованный выше метилметакрилат) в условиях контролируемой полимеризации могут использоваться бинарные инициаторы в виде органических окситриазенов и металлосодержащие мономеры. Образование стабильных радикалов происходит при введении этих добавок в количествах, соизмеримых с концентрацией инициатора полимеризации. Становится возможным проведение процесса без автоускорения и получение полимера с равномерно нарастающей молекулярной массой, невысокими значениями коэффициента полидисперсности при температурах ниже 100 °С. Установлено, что за счет варьирования условий проведения контролируемой полимеризации с участием предложенных соединений (температура, концентрация добавки, инициатор) возможно получать полимеры в широком диапазоне молекулярных масс. В частности, при полимеризации метилметакрилата получено изменение молекулярной массы до трех раз [6].

Кроме того, для регулирования строения и молекулярно-массовых характеристик ПММА при контролируемом синтезе, протекающем в условиях обратимой передачи цепи, могут использоваться низко- и высокомолекулярные дитиобензоаты и тритиокарбонаты. Даже при самой низкой концентрации (1×10^{-3} моль/л) какого-либо из этих агентов полимеризации достигается снижение молекулярной массы полимера в два-три раза [7].

Увеличению скорости полимеризации метилметакрилата и снижению молекулярного веса полимера способствует и добавки окисей металлов. Например, наличие TiO_2 и Cu_2O при концентрации 9 г/л воды приводит к увеличению скорости полимеризации соответственно в 1,5 и 3,5 раза. Среднее значение молекулярного веса снижается постепенно при введении TiO_2 и резко уменьшается при введении Cu_2O [8].

Более перспективным передатчиком цепи при радикальной полимеризации метакрилата могут выступать кремнийорганические гидриды. Введение активных гидридов позволяет проводить полимеризацию без автоускорения до глубокой конверсии при умеренных температурах (60 °С), и без существенного снижения скорости процесса полимеризации, синтезировать полимеры заданной молекулярной массы и снижать степень полидисперсности полимера до величин, соответствующих предыдущим материалам. При этом отмечено снижение плотности ПММА с 1,19 до 1,17 г/см³ при увеличении концентрации передатчика до 2 мас.%. Уменьшение плотности полимеров обусловлено снижением плотности упаковки макромолекул и возрастанием доли свободного объема в ПММА, т. е. модифицированные полимеры имеют более рыхлую структуру по сравнению с немодифицированными. Кроме того, установлено увеличение скорости термодеструкции этих полимеров с уменьшением их молекулярной массы [9].

Возможность изменения свойств полимера в процессе псевдоживой радикальной полимеризации: плотности, температуры стеклования, микроструктуры, термостабильности, прочности открывает дополнительные перспективы повышения эффективности гранульного абразивного материала.

В частности, получение более рыхлой структуры полимера способствует при резании уменьшению площади контакта полимерной связки гранул и металла, увеличению удельной нагрузки на макромолекулу и степени ее механодеструкции. Соответственно, увеличение механодеструкции и термодеструкции приведет к увеличению содержания свободных макрорадикалов в зоне контакта абразивной гранулы и обрабатываемого материала.

Придание полимерным материалам ряда целевых, в т. ч. уникальных свойств отмечается и в случае применения сульфоксидов и сульфоксидных комплексов солей металлов в качестве регулирующих и функциональных добавок в процессах радикальной полимеризации виниловых мономеров. Присутствие сульфоксидов в полимеризационных системах при концентрациях 10^{-3} – 10^{-2} моль/л отражается на молекулярных массах синтезированного ПММА. Установлено, что сульфоксидные комплексы с явно выраженным переносом заряда являются сильными ингибиторами полимеризации, а без переноса заряда – слабыми передатчиками цепи. При этом обнаружено внедрение серосодержащих фрагментов сульфоксида в полимер, а средняя степень полимеризации снижается в среднем в 1,3 раза [10].

Выводы. Таким образом, повышение эффективности обработки гранульным абразивным материалом может осуществляться путем создания условий по увеличению содержания свободных макрорадикалов в трибосопряжении «абразивная гранула – обрабатываемый металл» и их воздействию на поверхностный слой заготовки. Анализ изменения производительности шлифования абразивными гранульными лентами в среде СОЖ, шероховатости обработанной поверхности и состояния поверхностного слоя нержавеющей стали позволяет отметить перспективность этого направления.

Добавка различных веществ при радикальной суспензионной полимеризации связующего гранул из метилметакрилата дает возможность регулировать степень полимеризации и величину получаемых молекул полимера. Наряду с варьированием режимами полимеризации и условиями в зоне трения абразивной гранулы и обрабатываемого металла в процессе шлифования, это открывает дополнительные возможности в обеспечении зоны контакта свободными макрорадикалами при деструкции полимера. Оптимальный регулятор полимеризации должен определяться в ходе эксплуатационных испытаний гранульного абразивного материала с учетом конкретных условий шлифования.

Перспективным направлением применения регуляторов полимеризации является не только их влияние на кинетические параметры синтеза и молекулярно-массовые характеристики макромолекул, но и изменение при этом структуры и физико-механических свойств полимера и, соответственно, абразивной гранулы, что расширяет технологические возможности гранульного материала. Кроме того, целесообразно проведение дополнительных исследований по адсорбции макромолекул на обрабатываемой поверхности, способности свободных радикалов активизировать и инициировать химические процессы в зоне обработки и, в частности, степени окисления обрабатываемого металла.

Список использованных источников

1. Цыганов В. В. Влияние макрорадикалов на эффективность шлифования лентами из гранулированного абразивного материала / В. В. Цыганов // Вісник двигунобудування. – 2012. – № 1 – С. 186-191.
2. Гороховский Г. А. Поверхностная активация полимеров и ее влияние на износ металлов / Г. А. Гороховский // Применение материалов на основе пластмасс для опор скольжения и уплотнений в машинах: сб. науч. тр. – М.: Наука, 1968. – С. 30-33.
3. Цыганов В. В. Трибодиагностика эффективности обработки металлов резанием на примере использования гранульного абразивного материала / В. В. Цыганов // Вісник КрНУ ім. Михайла Остроградського. – 2011. – Вип. 4, ч. 1. – С. 63-66.

4. Запорожец В. В. Однородность состояния поверхностного слоя нержавеющей стали после ленточной абразивной обработки / В. В. Запорожец, В. В. Цыганов // Проблемы трения и изнашивания: науч.-техн. сб. – 1987. – Вып. 32. – С. 43-47.
5. Запорожец В. В. Динамические характеристики прочности поверхностных слоев и их оценка / В. В. Запорожец // Трение и износ. – 1980. – Т. 1, № 4. – С. 602-609.
6. Семенычева Л. Л. Контролируемый синтез полимеров на основе виниловых мономеров в присутствии добавок, образующих стабильные радикалы непосредственно в полимеризующейся массе: автореф. дис. д-ра хим. наук / Л. Л. Семенычева; [Нижегор. гос. ун-т]. – Нижегородск, 2008. – 40 с.
7. Черникова Е. В. Псевдоживая радикальная гомо- и сополимеризация по механизму обратимой передачи цепи: автореф. дис. д-ра хим. наук / Е. В. Черникова; [Моск. гос. ун-т]. – М., 2010. – 47 с.
8. Moustafa A.V., Ghanem N.A., ABD-El-Hakim A.A. Polymerization of Methyl Methacrylate in water in Presence of the Metal Oxides TiO_2 and Cu_2O // Journal of applied polymer science. – 1976. – Vol. 20. – P. 2643-2652.
9. Булгакова С. А. Радикальная (со)полимеризация виниловых мономеров в присутствии кремнийорганических гидридов и свойства (со)полимеров: автореф. дис. д-ра хим. наук / С. А. Булгакова; [Нижегор. гос. ун-т]. – Нижегородск, 2008. – 44 с.
10. Баталов Э. М. Радикальная полимеризация виниловых мономеров в присутствии сульфоксидов и их комплексов с солями металлов: автореф. дис. д-ра хим. наук / Э. М. Баталов; [Инс-т орг. химии УНЦ РАН]. – Уфа, 2008. – 47 с.